



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

**NÁVRH BETONOVÉ KONSTRUKCE HUDEBNÍHO
PAVILONU V PODEBRADĚCH**

DESIGN OF CONCRETE STRUCTURE OF MUSIC PAVILION IN PODEBRADY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Juda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jan Juda
Název	Návrh betonové konstrukce hudebního pavilonu v Poděbradech
Vedoucí práce	doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

architektonické podklady – situace, půdorysy, řezy, geologie.

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro dané architektonické řešení navrhnete nosnou konstrukci objektu. Návrh provedte min. ve dvou variantách. Podrobněji řešte jednu vybranou variantu.

Provedte statické řešení konstrukce a nadimenzujte její části: stropní konstrukci, sloupy, založení apod. v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu provedte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou).

Vypracujte výkres tvaru, vizualizaci, podrobné výkresy betonářské a předpínací výztuže.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce), vizualizace objektu.

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá konstrukcí zastřešením pódia v lázeňském parku v Poděbradech. Tato konstrukce je provedena ve dvou variantách návrhu. V každé variantě jsou stanoveny zatížení na konstrukci a vnitřní síly působící v konstrukci. Z těchto dvou variant byla vybrána jedna varianta, která byla podrobně navrhována. V této variantě byly dimenzovány její dílčí části. Pod konstrukcí zastřešení se nachází pódium, které nebylo v rámci diplomové práce řešeno. Veškeré prvky byly dimenzovány na mezní stav únosnosti podle ČSN EN 1992-1-1. Ve výkresové části jsou zpracovány výkresy základů, výkresy tvaru konstrukce, výkresy výztuží a vizualizace objektu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Lokálně podepřená deska, předepnutá deska, konstrukce zastřešení, deska s kruhovým otvorem, sloup, základová patka, železobeton, předpjaty beton, statický výpočet, mezní stav únosnosti.

ABSTRACT

This diploma thesis is focused on the roofing of the stage in spa park in Poděbrady. This construction is designed in two variants. In each variant is determined load on the structure and internal forces acting on the structure. Of these two variants, only one variant was selected. This selected variant was design in detail. In this variant was dimension their parts. Under the roof construction is located stage, which was not solved in the diploma thesis. All elements are dimensioned to the ultimate load condition by ČSN EN 1992-1-1. Drawings of the foundations, shapes construction, reinforcement and visualization are processed in the drawing part.

KEYWORDS

Locally supported slab, prestressed slab, roofing construction, slab with circular hole, column, footing, reinforced concrete, prestressed concrete, static calculation, ultimate limit state.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Jan Juda *Návrh betonové konstrukce hudebního pavilonu v Poděbradech*. Brno, 2019. 25 s., 273 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Návrh betonové konstrukce hudebního pavilonu v Poděbradech* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 2. 1. 2019

Bc. Jan Juda

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Návrh betonové konstrukce hudebního pavilonu v Poděbradech* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 2. 1. 2019

Bc. Jan Juda

autor práce

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

Autor práce Bc. Jan Juda

Škola Vysoké učení technické v Brně

Fakulta Stavební

Ústav Ústav betonových a zděných konstrukcí

Studijní obor 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby

Studijní program N3607 Stavební inženýrství

Název práce Návrh betonové konstrukce Hudebního Pavilonu v Poděbradech

Název práce v anglickém jazyce Design of concrete structure of Music Pavilion in Podebrady

Typ práce Diplomová práce

Přidělovaný titul Ing.

Jazyk práce Čeština

Datový formát elektronické verze PDF

Abstrakt práce Diplomová práce se zabývá konstrukcí zastřešením pódia v lázeňském parku v Poděbradech. Tato konstrukce je provedena ve dvou variantách návrhu. V každé variantě jsou stanoveny zatížení na konstrukci a vnitřní síly působící v konstrukci. Z těchto dvou variant byla vybrána jedna varianta, která byla podrobně navrhována. V této variantě byly dimenzovány její dílčí části. Pod konstrukcí zastřešení se nachází pódium, které nebylo v rámci diplomové práce řešeno. Veškeré prvky byly dimenzovány na mezní stav únosnosti podle ČSN EN 1992-1-1. Ve výkresové části jsou zpracovány výkresy základů, výkresy tvaru konstrukce, výkresy výztuží a vizualizace objektu.

Abstrakt práce v anglickém jazyce	This diploma thesis is focused on the roofing of the stage in spa park in Poděbrady. This construction is designed in two variants. In each variant is determined load on the structure and internal forces acting on the structure. Of these two variants, only one variant was selected. This selected variant was design in detail. In this variant was dimension their parts. Under the roof construction is located stage, which was not solved in the diploma thesis. All elements are dimensioned to the ultimate load condition by ČSN EN 1992-1-1. Drawings of the foundations, shapes construction, reinforcement and visualization are processed in the drawing part.
Klíčová slova	Lokálně podepřená deska, předepnutá deska, konstrukce zastřešení, deska s kruhovým otvorem, sloup, základová patka, železobeton, předpjaty beton, statický výpočet, mezní stav únosnosti.
Klíčová slova v anglickém jazyce	Locally supported slab, prestressed slab, roofing construction, slab with circular hole, column, footing, reinforced concrete, prestressed concrete, static calculation, ultimate limit state.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Milošovi Zichovi za jeho ochotu, rady a připomínky, které mi v průběhu práce poskytnul. Dále bych chtěl poděkovat mé přítelkyni a rodině za podporu při studiu.

Bc. Jan Juda



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Juda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2019

Obsah

1. Úvod	12
2. Zadávací podklady.....	12
3. Varianty návrhu	13
3.1. První varianta návrhu.....	13
3.2. Druhá varianta návrhu	14
4. Vyhodnocení variant návrhu	15
5. Popis konstrukčního řešení konstrukce.....	15
5.1. Konstrukční systém stavby.....	15
5.2. Popis hlavních konstrukčních prvků	15
5.2.1. Základy	15
5.2.2. Sloupy	16
5.2.3. Deska	16
5.2.4. Ocelová konstrukce	18
5.2.5. Pódium	18
6. Navržené materiály v konstrukcích	18
7. Zatížení konstrukce	19
7.1. Zatížení vlastní tíhou	19
7.2. Zatížení od ocelové konstrukce	19
7.3. Zatížení užité	19
7.4. Zatížení od sněhu	19
7.5. Zatížení od ekvivalentu	19
8. Kombinace	20
8.1. MSU – Návrhová kombinace zatížení	20
8.2. MSP – Charakteristická kombinace.....	20
8.3. MSP – Častá kombinace.....	20
8.4. MSP – Kvazistálá kombinace	20
8.5. Doporučené hodnoty součinitelů	21
9. Použité podklady a literatura	22
10. Seznam příloh	25

1. Úvod

Konstrukce je situována v lázeňském parku v městě Poděbrady. Tato konstrukce vychází z prvotního architektonického návrhu. Jedná se o konstrukci pro zastřešení pódia. Je umístěna na travnaté a rovinaté ploše. Architektonická studie požaduje řešení konstrukce, aby působila vzdušně a jednoduše a nenarušovala lázeňské prostředí parku. Proto zde byla zvolena ŽB konstrukce s kombinací ocelového světlíku, přes který se pne ETFE fólie.

Tato konstrukce zastřešení byla řešena ve dvou variantách návrhu. V každé variantě návrhu bylo stanovené zatížení a poté byly předběžně stanoveny vnitřní síly působící na konstrukci. Jako vítězná varianta byla zvolena první varianta návrhu, kde se uvažuje s podélným sklonem desky, kvůli odvodnění. Tato deska je podepírána 4 sloupy. Sloupy jsou založeny pomocí základových patek. Tato vítězná varianta byla následně navrhnutá a na dimenzována podrobně. Byly na dimenzovány její dílčí části. Následně se pro tuto variantu dělala výkresová dokumentace základů, tvaru, výztuží a vizualizace objektu.

Návrh a posouzení střešní konstrukce je proveden v souladu s platnou ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1991. Posouzení konstrukce je založeno na metodě mezních stavů, je vyřešen mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti.

Pro řešení účinků zatížení a vnitřních sil je použit výpočetní program založený na principu výpočtu metodou konečných prvků – SCIA Engineer.

2. Zadávací podklady

Pro vypracování diplomové práce byly poskytnuty podklady od architektonické kanceláře H3T Architekti.

Podklady obsahují:

a) 01_Architektonické podklady – Poděbrady

- 1) Situace – pdf
- 2) Půdorys tvaru – pdf
- 3) Pohled na konstrukci – pdf
- 4) Vizualizace 1 - pdf
- 5) Vizualizace 2 - pdf
- 6) Vizualizace 3 - pdf

b) 02_HG Průzkum

3. Varianty návrhu

3.1. První varianta návrhu

Jako první varianta byla navržena ŽB desková konstrukce se 4 kruhovými sloupy. Jsou od sebe vzdáleny osově 13,2m. Tyto sloupy jsou založeny na základových patkách a jsou vetknuty do desky. Desková konstrukce se uvažuje konstantní tl. 350 mm.

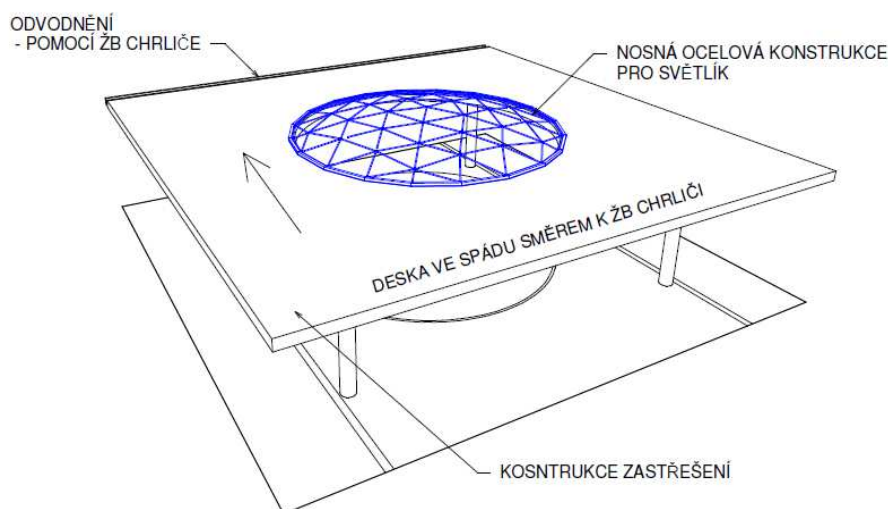
Odvodnění konstrukce je řešeno pomocí jednosměrného podélného sklonu 0,5 %. Na konci v nejnižším místě je na konstrukci navržen ŽB chrlič, který odvádí vodu směrem do stran, kde vytéká na terén. Z dolní strany konstrukce je navržen okapový nos, který zabraňuje vtékání vody na vodorovný dolní povrch desky.

Uprostřed desky je kruhový otvor o průměru 10,0m. Tento otvor je umístěn přímo nad pódium a umožňuje průchodu světla na pódium.

V tomto kruhovém otvoru je umístěna ocelová konstrukce. Tato ocelová konstrukce je osazena na deskovou konstrukci pomocí napínacích rámců. Její vzepětí je 1,0m. Uvažuje se s Fullerovou konstrukcí střechy, pomocí trojúhelníkové sítě. Tato trojúhelníková síť tvoří podporu pro ETFE folii, která se pne po této konstrukci.

Pro tuto konstrukci bylo stanoveno zatížení. Jako hlavní zatížení zde figuruje vlastní tíha konstrukce, která je generována softwarem. Dále se zde uvažuje se zatížením od ocelové konstrukce, které působí na hraně kruhového otvoru desky. Bylo stanoveno na hodnotu 2,0kN/m. Jako další zatížení se v předběžném návrhu uvažovalo s užitným zatížením, které nabývá hodnoty 1,50kN/m². A jako poslední zatížení, které se uvažuje, je zatížení od sněhu s hodnotou 0,6kN/m². Tato hodnota působí v celé ploše desky, na hraně je přidáno zatížení od sněhu, které vyvolá sníh napadnutý na ocelovou konstrukci.

Po stanovení zatížení byly vygenerovány vnitřní síly na konstrukci.



3.2. Druhá varianta návrhu

Jako druhá varianta byla navržena ŽB desková konstrukce se 4 kruhovými sloupy, které byly do desky vetknuty pomocí sloupových hlavic. Tyto hlavice jsou průměru 5,0m. Hlavice byly navrženy jako kuželovité polární. Jejich výška byla proměnná. Výška hlavice ve středu sloupu je 600 mm včetně desky. Na okraji hlavice je výška 400 mm včetně desky.

Deska je zde řešena jako spádovaná deska směrem ke středu sloupu. Tudíž výška desky je proměnná, a to v rozmezí 300 – 340 mm.

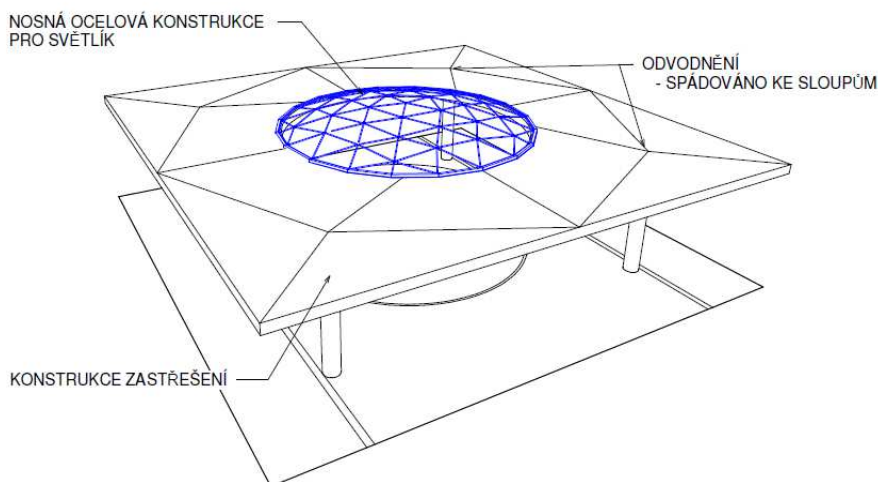
Odvodnění konstrukce je řešeno pomocí dostředného sklonu směrem ke každému sloupu. Odvodňovací trubka byla navržena středem sloupu a vyústění je navrženo pod terénem. Z dolní strany konstrukce je navržen okapový nos, který zabraňuje vtékání vody na vodorovný dolní povrch desky.

Uprostřed desky je kruhový otvor o průměru 10,0m. Tento otvor je umístěn přímo nad pódiem a umožňuje průchodu světla na pódium.

V tomto kruhovém otvoru je umístěna ocelová konstrukce. Tato ocelová konstrukce je osazena na deskovou konstrukci pomocí napínacích rámců. Její vzepětí je 1,0m. uvažuje se i zde s Fullerovou konstrukcí střechy, pomocí trojúhelníkové sítě.

Pro tuto druhou variantu bylo stanoveno zatížení, které je stejné jako u první varianty, s jediným rozdílem. Bylo zde přidáno zatížení od vlastní tíhy desky. Jelikož je deska modelována jako konstantní o tloušťce 300 mm. Bylo zde dopočítáno zatížení, které vyvolá spádování.

Pro tento návrh byly následně vygenerovány vnitřní síly na konstrukci.



4. Vyhodnocení variant návrhu

Dle předběžných statických výpočtů jsme zjistili, že obě konstrukce jsou dimenzovatelné. U první varianty vycházejí značně větší momenty uprostřed pole, které ale je možné vyrovnat pomocí ekvivalentního předpětí. Na rozdíl od druhé varianty, vychází vysoká koncentrace momentů nad podporou. U druhé varianty dochází k rozdělení momentu na velikosti hlavice, tudíž tu není tak vysoká koncentrace přímo nad podporou a tento moment je plynulejší. U druhé varianty dochází k menšímu ohybovému momentu v poli, přispívají k tomu velikost hlavic sloupů. Obě konstrukce jsou dimenzovatelné a záleží na vedlejších kritériích výběru konečné varianty návrhu.

Jelikož se jedná o konstrukci, která se nachází v lázeňském parku a je zde kladen důraz na jednoduchost konstrukce. Je zvolena první varianta návrhu. Která nikterak nenarušuje ani své okolí ani pocit volnosti v lázeňském parku.

5. Popis konstrukčního řešení konstrukce

5.1. Konstrukční systém stavby

Pro podrobný statický výpočet byla vyprána první varianta návrhu. Jedná se o návrh konstrukce, která svojí jednoduchostí zapadne do lázeňského parku a nenarušuje jeho okolí.

Z konstrukčního hlediska tvoří stavba jeden dilatační celek. Konstrukční systém zastřešení pódia je tvořený ŽB sloupy a ŽB předpjatou deskou. Sloupy jsou osově vzdáleny 13,2m. V půdorysu jsou ve tvaru čtverce o hraně 13,2m.

Založení zastřešení pódia je navrženo na základových patkách, které jsou situovány na střed sloupu.

5.2. Popis hlavních konstrukčních prvků

5.2.1. Základy

Založení zastřešení pódia je na 4 základových patkách, které jsou rozměrů 2200 x 2200 x 600 mm. Tyto základové patky jsou z betonu C25/30 - XC2. Základové patky jsou vybetonovány na podkladní beton C16/20 - XC1, tl. 100 mm. Základová spára se nachází v hloubce 1,3m pod upraveným terénem.

V této hloubce se nachází písky třídy S3-písek s příměsí jemnozrnné zeminy.

Charakteristiky zeminy, které jsou uvažovány do výpočtu.

Písek s jemnozrnnou příměsí, až do 1,5m

- ČSN 736133 - zatřídí zeminu do třídy S3 symbol S-F

Objemová tíha zeminy	17,5 kN/m ³
Modul přetvárnosti	12-19 MPa
Poissonovo číslo	0,30
Součinitel β	0,74
Úhel vnitřního tření zeminy efektivní	28-31°
Soudržnost zeminy efektivní	0 kPa

Pro výpočet byla vlastní tíha společně s tíhou nadloží patky uvažována odhadem jako 15% síly N_{ed} .

Posouzení patky bylo provedeno pro kombinaci tří nejhorších kombinací. Posouzení bylo provedeno dle 1. geotechnické kategorie, které bylo nevyhovující, a tak se přistoupilo k posouzení dle mezních stavů. (ČSN 73 1001)

Základové patky mají krytí betonářské výztuže 40 mm. Jsou vyztuženy betonářskou výztuží B500B. U dolního povrchu mají 2 vrstvy výztuže 11Ø16/200. Tyto 2 vrstvy jsou na sebe navzájem kolmé. Horní povrch je zde vyztužen pouze konstrukčně a to 11Ø10/200. Ze základových patek bude vystupovat startovací výztuž pro sloupy. Minimální délka vyčnívající startovací výztuže je 950 mm.

5.2.2. Sloupy

Sloupy jsou navrženy kruhového průřezu o průměru 500 mm. Jsou z betonu C30/37 - XC4 – XF1 s betonářskou výztuží B500B. Sloupy jsou rozděleny na sloupy SL01 a SL02. Jejich rozdíl je v délce sloupu. SL01 má výšku 5430 mm a SL02 má výšku 5365 mm. Jinak vyztužení zůstává stejné.

Krytí sloupu je stanoveno na 30 mm. Sloupy jsou vyztuženy podélnými profily, které jsou uvnitř kruhových třmínků. Celkem je ve sloupu 8Ø16 podélné výztuže. Třmínky sloupu jsou navrženy Ø8/200. Tyto třmínky jsou zhuštěny v blízkosti desky a nad základovou patkou, a to na vzdálenost 120 mm.

Ukončení sloupu je pomocí L profilů výztuže, která je kotvena přesahem s podélnými vložkami sloupu. Tyto L profily jsou zataženy do desky a mají ohyb pod úhlem 85°. A jsou zataženy pod předpínací výztuž.

5.2.3. Deska

Deska slouží jako nosná konstrukce zastřešení nad pódiem. Uprostřed desky je kruhový otvor o průměru 10,0 m. V tomto otvoru je umístěna ocelová konstrukce.

Deska je navržena v konstantní tloušťce 350 mm. Je z betonu C35/45 - XC4 – XF3 s betonářskou výztuží B500B a předpínací výztuží Y-1860-S7-15,7-A. Deska je navržena v podélném sklonu 0,5 % a na konci v nejnižším místě je zakončena ŽB

Chrličem pro odvod vody. Tento ŽB chrlič se betonuje dodatečně až po předepnutí desky. Z důvodu kotevní oblasti uvnitř ŽB chrliče.

Do desky je dodatečně vnášeno tlakové napětí, které vyrovnává ohybové momenty a působí příznivě pro konstrukci. Toto tlakové napětí je do konstrukce vnášeno pomocí tzv. „skrytých průvlaků“.

Skryté průvlakky jsou tvořeny ze 4 kabelů, a v každém kabelu jsou 4 lana. Celkem tedy připadá na jeden skrytý průvlak 16 lan. Lana jsou vedena v HDPE kanálcích, díky nimž je zajištěno nesoudržnosti s konstrukcí. A tlakové napětí je do konstrukce vnášeno jenom pomocí kotevních oblastí. Tyto lana jsou navržena uprostřed rozpětí v osové vzdálenosti 140 mm. Směrem ke kotevním oblastem jsou lana půdorysně zakřivená, z důvodů dostatečné osové vzdálenosti aktivních kotev. V konstrukci jsou navrženy celkem 4 skryté průvlakky a to 2 ve směru X a 2 ve směru Y.

Zakončení kabelů je na každé straně pomocí aktivních více lanových kotev Freyssinet – A 4F 15. Kabely jsou napínány vždy z jedné strany. A strana napínání je vystřídána. Pořadí napínání lan v kabelu je 2,3,4,1 (viz schéma V3.01).

Trasování kabelů bylo navrženo dle vyrovnání ostatních stálých účinků, do kterého spadá vlastní tíha konstrukce a tíha ocelové konstrukce. Vyrovnání účinků od stálého zatížení bylo na hodnotu 80-90 %.

Maximální napětí v předpínací výztuži je 1476,0 MPa. Maximální napínací síla na 1 lano je 221,4 kN.

Časové působení konstrukce:

Čas betonáže	$t_1 = 0$ den
Čas předepnutí konstrukce	$t_s = 14$ den
Doba vnesení ostatního stálého zat.	$t_g = 60$ den
Životnost konstrukce	$t_{oo} = 50$ let

Krytí betonářské výztuže je stanoveno na hodnotu 30 mm pro dolní i horní povrch konstrukce. Krytí předpínací výztuže je stanoveno na hodnotu 50 mm pro horní i dolní povrch konstrukce. V celé ploše je konstrukce u horního povrchu vyztužena betonářskou výztuží $\varnothing 12/150$. tato výztuž je stykována v m polovině rozpětí. V celé ploše je provedena betonářská výztuž u dolního povrchu $\varnothing 12/150$ a je stykována v místě nulových ohybových momentů. Líce desky jsou olemovány pomocí U-profilu $\varnothing 12/150$.

Podkotevní výztuž zajišťuje dodavatel kotev a je potřeba zajistit řádné vyztužení podkotevní oblasti, aby nedošlo k rozštěpení podkotevní oblasti. Ve statickém výpočtu je tato výztuž ověřena, ale výztuž není vykázána.

V desce byla navržena výztuž na protlačení. Byly navrženy trny. Celkem navrženo 8xHDB $\varnothing 20/295 - 3/660$ nad každým sloupem.

Kotevní oblasti budou po předepnutí konstrukce řádně ošetřeny proti vodě a zabetonovány. Na straně s ŽB chrličem kladen důraz na vodonepropustnost.

ŽB chrlič betonován až samostatně po předepnutí hlavní nosné konstrukce zastřešení.

5.2.4. Ocelová konstrukce

Ocelová konstrukce je navržena jako Fulleroва konstrukce střechy, která je tvořena trojúhelníkovou sítí. Tuto síť tvoří ocelové kruhové duté profily $\varnothing 33,7 \times 3$. Je ve tvaru kopule se vzepětím 1,0 m. Tato nosná konstrukce je uložena na krajích na destičkách, které jsou kotveny do desky.

Přes tuto nosnou ocelovou konstrukci se pne ETFE fólie, která je napínána po obvodu konstrukce pomocí hlavního napínacího rámu. Tento rám je tvořen L100x100x6, který je kotven pomocí chemických kotev do konstrukce zastřešení. Přes tento napínací rám je ohnutý profil plechu a jsou zde umístěny napínací šrouby, ke kterému je upevněn dutý profil, ve kterém je napínací lanko pro fólii. (viz D6 - V5.01).

Konstrukce nebyla podrobně řešena, není součástí diplomové práce. Konstrukce zde byla řešena pouze pro stanovení orientačního zatížení na konstrukci.

5.2.5. Pódium

Konstrukce je navržena z betonu C25/30 - XC2. Je založena na základových pasech, které jsou založeny 1,3 m pod úroveň terénu. Pasy jsou založeny na podbetonávce, která je z betonu C16/20 - XC1, tl.100 mm.

Tato konstrukce byla navrhována orientačně. Nebyla podrobně řešena v diplomové práci.

6. Navržené materiály v konstrukcích

- ZÁKLADOVÉ PATKY	C 25/30 - XC2	
- ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE PÓDIA	C 25/30 - XC2	(NEŘEŠENO V DP)
- SLOUPY SL01	C 30/37 - XC4 - XF1	
- SLOUPY SL02	C 30/37 - XC4 - XF1	
- ŽB DESKA	C 35/45 - XC4 - XF3	
- OCELOVÁ KONSTRUKCE	S235	(NEŘEŠENO V DP)
- BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	B500B	
- PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ	Y-1860 - S7 - 15,7 - A	

7. Zatížení konstrukce

7.1. Zatížení vlastní tíhou

Zatížení vlastní tíhou je generováno pomocí softwaru SCIA Engineer.

7.2. Zatížení od ocelové konstrukce

Zatížení od ocelové konstrukce od světlíku, je uvažováno pro Fullerovu konstrukci střechy. Tato konstrukce se skládá z trojúhelníkové sítě prutů. Tato konstrukce je tvaru kopule neboli čočky. Vzepětí kopule je uprostřed 1,0m. Jednotlivé pruty konstrukce se uvažují jako duté kruhové profily o průřezu $\emptyset 33,7 \times 3$. Z této konstrukce bylo orientačně stanovené zatížení 2,0 kN/m, které působí na vnitřní hraně desky po kruhovém otvoru.

7.3. Zatížení užité

Zatížení užité je uvažováno o velikosti 1,5 kN/m², které působí na celé ploše desky. Není uvažováno v místě otvoru desky.

7.4. Zatížení od sněhu

Konstrukce se nachází ve městě Poděbrady. Toto město leží v I. sněhové oblasti. Pro tuto oblast se vztahuje charakteristická hodnota $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$. Tato hodnota byla upravena na hodnotu 0,6 kN/m². Úprava byla provedena pomocí webu www.snehovamapa.cz, kde jsou hodnoty vztaženy k lokálnímu místu.

7.5. Zatížení od ekvivalentu

Zatížení bylo stanoveno tak, aby vyrovnalo 80-90 % ostatního stálého zatížení (Vlastní tíha + Tíha ocelové konstrukce). Byly stanoveny hodnoty ekvivalentu v jednotlivých místech viz statický výpočet návrh předpětí. A porovnávali se účinky ekvivalentu a ostatního stálého zatížení v softwaru SCIA.

8. Kombinace

Norma ČSN EN 1990 pro mezní stav únosnosti uvažuje s návrhovou kombinací zatížení pro posouzení a dimenzování.

Norma ČSN EN 1990 pro mezní stav použitelnosti uvažuje tři základní kombinace zatížení – charakteristická, častá a kvazistálá.

8.1. MSU – Návrhová kombinace zatížení

Mezní stav únosnosti je proveden pro kombinaci zatížení podle ČSN EN 1990 dle rovnice 6.10 a, b. Pro mezní stav únosnosti je v tomto případě rozhodující kombinace 6.10a–z důvodu hodnoty součinitele ψ_0 .

$$\left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad 6.10a)$$

$$\left\{ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad 6.10b)$$

8.2.MSP – Charakteristická kombinace

- celkové účinky od všech zatížení na konstrukci

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

8.3.MSP – Častá kombinace

- stálá zatížení a časté hodnoty nahodilého zatížení na konstrukci

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

8.4. MSP – Kvazistálá kombinace

- pouze stálá, v čase neměnná zatížení na konstrukci

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

8.5. Doporučené hodnoty součinitelů

- pro kombinace zatížení pro pozemní stavby kategorie H – střechy
- pro kombinace zatížení pro pozemní stavby sních $H < 1000$ m n.m.

Tabulka A1.1 – Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro pozemní stavby

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorie užitných zatížení pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-1)			
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy tíha vozidla ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy $30 \text{ kN} < \text{tíha vozidla} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorie H : střechy	0	0	0
Zatížení sněhem (viz EN 1991-1-3) ^{*)}			
Finsko, Island, Norsko, Švédsko	0,70	0,50	0,20
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H > 1000$ m n.m.	0,70	0,50	0,20
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000$ m n.m.	0,50	0,20	0
Zatížení větrem (viz EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Teplota (ne od požáru) pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
POZNÁMKA Hodnoty ψ mohou být stanoveny v národní příloze.			
^{*)} Pro země, které zde nejsou uvedené, se součinitele ψ stanoví podle místních podmínek.			

9. Použité podklady a literatura

Seznam použité literatury

- [1] NAVRÁTIL, J. *Předpjaté betonové konstrukce*. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2008.
- [2] NAVRÁTIL, J.; ZICH, M. *Předpjatý beton, Modul P01, Průvodce předmětem BL11*. Brno, 2006.
- [3] ZICH, M. a kolektiv. *Příklady posouzení betonových konstrukcí dle eurokód*. Dashöfer Holding, Ltd. & Verlag Dashöfer, nakladatelství, s.r.o. Praha, 2010.

Seznam odborné publikace

- [4] MIECHOVÁ, Z. *Předpjatá stropní konstrukce nákupního centra*: diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav betonových a zděných konstrukcí. Brno, 2011.
- [5] H3T architekti, Ctiradova 1, 140 00 Praha 4, *Studie - Hudební pavilon Poděbrady*, 2015.

Seznam použitých norem

- [5] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- [6] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – část 1-1: Vlastní tíha a užitná zatížení
- [7] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – část 1-3: Zatížení sněhem
- [8] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí – část 1-1: Zatížení větrem
- [9] ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla
- [10] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Seznam internetových stránek

- [11] <http://www.freyssinet.cz/>
- [12] <https://www.fce.vutbr.cz/BZK/lanikova.i/CL01/CL01.htm>
- [13] https://www.fce.vutbr.cz/bzk/svarickova.i/default_soubory/pomucky.htm

Seznam použitých softwaru

- [14] SCIA Engineer 18.1 - pro výpočty konstrukcí
- [15] Autodesk Revit 2019.1 - pro tvorbu 3D modelu a následné výkresové dokumentace
- [16] Autodesk AutoCAD 2016
- [17] Microsoft Word
- [18] Microsoft Excel

Seznam použitých značek a symbolů

A_c	průřezová plocha betonu
A_{cc}	tlačená plocha betonu
A_i	plocha ideálního průřezu
A_p	průřezová plocha předpínací výztuže
$A_{p,1}$	průřezová plocha jednoho předpínacího lana
A_s	průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{s,min}$	minimální průřezová plocha betonářské výztuže
A_{sw}	průřezová plocha smykové výztuže
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
b	šířka průřezu
b_w	šířka stojiny průřezu T, I nebo L
c	betonová krycí vrstva
c_{min}	minimální hodnota betonové krycí vrstvy
$c_{min,b}$	minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti
$c_{min,b}$	minimální krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí
c_{nom}	nominální hodnota betonové krycí vrstvy
d	průměr; hloubka
d	účinná výška průřezu
d_g	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
e_p	excentricita předpínací síly
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_p	modul pružnosti předpínací výztuže
E_s	modul pružnosti betonářské výztuže
f_c	pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
f_{cm}	průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ctk}	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_{pd}	návrhová hodnota pevnosti v tahu předpínací výztuže
f_{pk}	charakteristická hodnota pevnosti v tahu předpínací výztuže
$f_{p,0,1,k}$	smluvní mez kluzu předpínací výztuže
f_y	mez kluzu betonářské výztuže
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
f_{ywd}	návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
h	výška
h	celková výška průřezu
$1/r$	křivost ohybové čáry v určitém průřezu
t	uvažovaný časový okamžik
t_0	stáří betonu v okamžiku zatížení
u	obvod betonového průřezu o ploše A_c
x	vzdálenost neutrální osy od nejvíce tlačeného okraje
z	rameno vnitřních sil

F_c	výslednice tlaku betonu (vnitřní síla v průřezu)
F_p	výslednice tahu v předpínací výztuži (vnitřní síla v průřezu)
F_s	výslednice tahu v betonářské výztuži (vnitřní síla v průřezu)
g_d	návrhová hodnota stálého zatížení
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
$g_{0,k}$	charakteristická hodnota vlastní tíhy konstrukce
$g_{1,k}$	charakteristická hodnota ostatního stálého zatížení
γ_c	dílčí součinitel betonu
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení G
γ_M	dílčí součinitel vlastnosti materiálu, zahrnující nejistoty vlastností materiálu, geometrických odchylek a použitého výpočetního modelu
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení Q
γ_s	dílčí součinitel betonářské nebo předpínací oceli
ζ	redukční součinitel; rozdělovací součinitel
ϵ_c	poměrné stlačení betonu
ϵ_{cu}	mezní poměrné stlačení betonu
θ	úhel
λ	štíhlostní poměr
Φ	průměr prutu betonářské výztuže
$\varphi^{(\infty, t_0)}$	konečná hodnota součinitele dotvarování
I_c	moment setrvačnosti betonového průřezu
$I_{c,r}$	moment setrvačnosti ideálního průřezu porušeného trhlinami
I_i	moment setrvačnosti plně působícího ideálního průřezu
k_h	součinitel závislý na náhradní tloušťce h_0
L	rozpětí konstrukce
l_{bd}	kotevní délka
$M_{g,0,k}$	charakteristická hodnota ohybového momentu od vlastní tíhy konstrukce
$M_{g,1,k}$	charakteristická hodnota ohybového momentu od ostatního stálého zatížení
$M_{E,k}$	charakteristická hodnota ohybového momentu od svislého zatížení a předpětí
$M_{E,d}$	návrhová hodnota ohybového momentu od svislého zatížení a předpětí
$M_{R,d}$	moment na mezi únosnosti
$N_{E,d}$	návrhová hodnota normálové síly od svislého zatížení a předpětí
$N_{E,k}$	charakteristická hodnota normálové síly od svislého zatížení a předpětí
$V_{E,k}$	návrhová hodnota posouvající síly od svislého zatížení
$V_{Rd,c}$	návrhová smyková únosnost betonu
$V_{Rd,s}$	návrhová smyková únosnost podélné výztuže
v_{min}	minimální smykové napětí
w_k	charakteristická šířka trhliny

